

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE04/002777

International filing date: 20 December 2004 (20.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 006 698.1

Filing date: 11 February 2004 (11.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 February 2005 (28.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

10 2004 006 698.1

Anmeldetag:

11. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Mikromechanischer Sensor

IPC:

B 81 B, B 81 C, G 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Remus".

Remus

ROBERT BOSCH GMBH

5

Mikromechanischer Sensor

10 Die Erfindung betrifft einen mikromechanischen Sensor und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

15 Mikromechanische Sensoren mit einer Membran finden z.B. als Strahlungsdetektoren zur Messung einer Infrarot-Strahlung in Gassensoren oder als Drucksensoren Anwendung. Die mikromechanischen Membranen werden hierbei im Allgemeinen durch Ätzung einer Kaverne mittels Kaliumhydroxid (KOH) oder Tetramethyl-Ammonium-Hydroxid (TMAH) von der Rückseite des bearbeiteten Wafers bis zu einer dielektrischen Schicht hergestellt. Hierbei werden mehrere Sensoren in einem Wafer ausgebildet und nachfolgend 20 durch Zersägen des Wafers vereinzelt.

25 Neuere Ansätze gehen von einer Ätzung einer Kaverne unter der dielektrischen Schicht von der Wafervorderseite aus. Hierzu wird die Schicht perforiert, um dem Ätzmedium, z.B. Chlortrifluorid (ClF₃), Zugang zum Substratmaterial zu verschaffen.

30 Bedingt durch die von der Perforation ausgehenden Unterätzung ist die Ätzfront der Kaverne jedoch nicht glatt, sondern weist Spitzen auf. Die Membran wird während des Ätzvorgangs unter Zugspannung gesetzt, um eine Aufwölbung zu vermeiden. An den Spitzen in der Ätzfront erhöht sich die Spannung erheblich, was zu Rissen in der Membran führen kann. Die Ausbildung der lokalen Spannungsspitzen kann hierbei während des Ätzprozesses insbesondere wegen der technisch bedingten Schwankungen kaum reguliert werden. Hierdurch können bei der Herstellung Beschädigungen auftreten und ein erheblicher Teil der hergestellten Sensoren defekt sein.
35

Der erfindungsgemäße mikromechanische Sensor und das Verfahren zu seiner Herstellung weisen demgegenüber insbesondere den Vorteil auf, dass die Membraneinspannung nicht mehr vom Kavernenätzprozess mit seinen 5 technisch bedingten Schwankungen abhängig ist.

Weiterhin kann die Membraneinspannung durch das Layout der Anbindungsebene der äußeren Oxidschicht festgelegt werden. Erfindungsgemäß wird durch ein LOCOS (local oxidation of silicon) – Verfahren eine – vorzugsweise thermische – Oxidschicht ausgebildet, die nachfolgend zur Einspannung der während des Ätzprozesses gebildeten Membran dient. Hierdurch können nahezu beliebige Membranformen ausgebildet werden, z.B. kreisrund, aber auch rechtwinklig, z.B. quadratisch.

Durch das erfindungsgemäß angewendete LOCOS-Verfahren liegt die Membran in vertikaler Richtung im Bereich der dickeren äußeren Oxidschicht, d.h. zwischen der Oberseite und der Unterseite der äußeren Oxidschicht. Es erfolgt somit eine symmetrische Spannungseinwirkung auf die Membran während des Ätzvorgangs der Kaverne. Diese mittige Aufhängung bewirkt bereits eine gleichmäßige Spannungseinleitung in die Membran; es können weiterhin vorteilhafterweise im Aufhängungsbereich der Membran relativ flache Oxidflanken ausgebildet werden, die zur Membran hin keilförmig bzw. dreickig unter einem spitzen Winkel zulaufen, wodurch eine besonders gleichmäßige und membranschonende Spannungseinleitung bewirkt wird, so dass während des Ätzvorganges eine Rissbildung - zumindest weitgehend – vermieden wird.

Die Membran ist durch ihre mittlere Position in dem fertig gestellten Sensor erfindungsgemäß auch geschützter angeordnet als bei der Ausbildung 30 auf der Oberseite des Sensors, wie es bei herkömmlichen Ätztechniken in der Regel der Fall ist.

Der Erfindung liegt hierbei die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass bisher nur zur Ausbildung integrierter Schaltungen verwendete LOCOS-Verfahren auch Vorteile für eine zusätzliche Ausbildung mikromechanischer Membranen bieten.

5

Somit werden erfindungsgemäß ein sicheres, mit relativ geringem Aufwand und kostengünstiges Herstellungsverfahren mit relativ geringem Ausschuss und ein weitgehend beschädigungsfreier, kostengünstig herstellbarer Sensor mit geschützt angeordneter Membran zur Verfügung gestellt.

10

Durch nachfolgendes Verschließen der Perforationslöcher in der Membran kann z.B. ein Drucksensor hergestellt werden. Weiterhin kann ein Infrarot-Detektor zum Einsatz in einem Gassensor hergestellt werden, indem eine Thermopile-Struktur und eine Absorberschicht aufgetragen werden.

15

Das Substrat ist vorteilhafterweise aus Silizium gebildet, wobei ein Silizium selektiv ätzendes Ätzgas, z.B. ClF₃, verwendet wird.

20

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einer Ausführungsform näher erläutert. Die Figuren zeigen aufeinander folgende Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen mikromechanischen Sensors. Es zeigen:

25

Fig. 1 einen ersten Schritt des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens nach Ausbilden einer Siliziumdioxid-Schicht und Siliziumnitrid-Schicht auf einem Substrat;

30

Fig. 2 einen nachfolgenden Schritt nach photolithographischer Strukturierung;

Fig. 3 einen nachfolgenden Schritt nach einer lokalen Oxidation;

Fig. 4 einen durch einen nachfolgenden Schritt der Kavernenätzung hergestellten erfindungsgemäßen Sensor.

5 Fig. 5 einen Infrarot-Detektor als Beispiel eines erfindungsgemäßen Sensors.

10

Auf einem Substrat 1 aus Silizium oder Silizium-Germanium wird durch thermische Oxidation eine dünne erste Siliziumdioxid (SiO_2)—Schicht 2 ausgebildet, auf die nachfolgend durch einen CVD (chemical vapor deposition)-Prozess gemäß Fig. 1 eine Siliziumnitrid (Si_3N_4)-Schicht 3 abgeschieden wird.



15

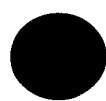
Nachfolgend werden durch eine an sich bekannte photolithographische Strukturierung in einem lateral äußeren Bereich 4 um einen inneren Membranbereich 5 herum gemäß Fig. 2 die erste Siliziumdioxid-Schicht 2 und die Siliziumnitrid-Schicht 3 entfernt. Der innere Bereich 4 kann hierbei grundsätzlich eine beliebige Form, z.B. kreisrund oder rechtwinklig, annehmen.

20

25

30

Nachfolgend wird gemäß Fig. 3 durch eine lokale Oxidation eine LOCOS-Struktur ausgebildet, indem in den äußeren Bereichen 4 durch thermische Oxidation eine dickere zweite Siliziumdioxid-Schicht 9 ausgebildet wird. In Fig. 3 ist die spätere Membran bildende Membranschicht aus den Schichten 2, 3 vereinfacht mit relativ geringer Dicke dargestellt. Die Siliziumnitrid-Schicht 3 verhindert im Membranbereich 5 die Oxidation des Substrates 1, so dass die zweite Siliziumdioxid-Schicht 9 hier nicht ausgebildet wird. Die zweite Siliziumdioxid-Schicht 9 ragt gegenüber dem Membranbereich 5 auch teilweise nach unten in das Substrat 1 hinein. Hierdurch kann eine relativ flache LOCOS-Struktur ausgebildet werden, bei der die aus den Schichten 2 und 3 gebildete Membranschicht in einem in vertikaler Richtung mittleren Bereich der dickeren zweiten Siliziumdioxid-Schicht 9 zwischen deren Oberseite 17 und deren Unterseite 19 angeordnet sind. Es bildet sich in der zweiten Siliziumdioxid-Schicht 9 zwischen dem äußeren Bereich 4 und dem



Membranbereich 5 ein Aufhängungsbereich 10 aus, der sich im Querschnitt verjüngt und unter einem spitzen Winkel, z.B. keilförmig, dreieckig oder „vogelschnabelartig“, zu einem Anbindungspunkt 12 zuläuft.

5 Aus der Membranschicht 2, 3 kann optional in Anschluss an Fig. 3 die Nitridschicht 3 durch ein nasschemisches Verfahren entfernt werden. Die Membranschicht kann somit durch die Nitridschicht 3 und die innere Oxidschicht 2 oder nur durch die innere Oxidschicht 2 gebildet sein; grundsätzlich ist auch anschließend die zusätzliche Abscheidung von weiteren Schichten
10 auf der innere Oxidschicht 2 möglich, um eine geeignete Membranschicht auszubilden.

Nachfolgend wird unterhalb des Membranbereiches 5 eine Kaverne 14 geätzt. Hierzu kann wird in an sich bekannter Weise die durch die Schichten 15 2, 3 gebildete Membran 15 zunächst durch Ausbildung von Perforationslöchern 16 perforiert, die zur Zuführung eines Ätzgases, z.B. ClF₃ (Chlortrifluorid) dienen, das siliziumselektiv ätzt und die Membran 15 und die zweite Siliziumdioxid-Schicht 9 schont. Die Kaverne 14 kann in Abhängigkeit der Ätzparameter, insbesondere Ätzdauer, Ätzdruck und Ätztemperatur, in geeigneter Weise ausgebildet werden und erstreckt sich gemäß Fig. 4 über den Aufhängungsbereich 10 bis etwas unterhalb der zweiten Siliziumdioxid-Schicht 9. Somit wird eine freitragende Membran 15 ausgebildet, die in spitzen Anbindungspunkten 12 an der zweiten Siliziumdioxid-Schicht 9 aufgehängt ist.

25 Nachfolgend können weitere Schichten aufgetragen werden, um einen gewünschten Sensor herzustellen. Zur Ausbildung eines Infrarotdetektors 20 für Infrarotstrahlung, der z.B. in einem Gassensor zur Messung von Gaskonzentrationen verwendet werden kann, können auf die Membran 15 nachfolgend zunächst eine Thermopile-Struktur 18 mit Leiterbahnbereichen 21, 22 aus unterschiedlichen leitfähigen Materialien, z.B. einem Metall und Polysilizium, aufgetragen werden, die sich in einem Kontaktbereich 23 berühren, z.B. überlappen. Nachfolgen kann eine Absorberschicht 25 aufgetragen wer-

den, so dass ein Thermopilesensor 20 ausgebildet wird, in dem die einfallende infrarote Strahlung zu einer Erwärmung der Absorberschicht 25 führt, die als Thermospannung von der Thermopilestruktur der beiden Leiterbahnen gemessen werden kann.

5

Alternativ hierzu können auch andere mikromechanische Sensoren, z.B. in Fig. 4 nach Verschließen der Perforationslöcher 16 z.B. durch Sputtern ein Drucksensor 20, ausgebildet werden.

10

Auf einem Wafer werden mehrere Sensoren 20 hergestellt und nachfolgend durch Aussägen vereinzelt.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Mikromechanischer Sensor, der mindestens aufweist:
5 ein Substrat (1),
eine in einem lateral äußeren Bereich (4) in dem Substrat (1) ausgebildete äußere Oxidschicht (9),
eine in einem lateral inneren Membranbereich (5) ausgebildete Membran (15) mit mehreren Perforationslöchern (16),
10 eine in das Substrat (1) unterhalb der Membran (15) geätzte Kaverne (14),
wobei die Membran (15) in einem Aufhängungsbereich (10) der äußeren Oxidschicht (9) aufgehängt ist, der sich zu Anbindungspunkten (12) der Membran (15) hin verjüngt, und
15 die Membran (15) in ihrer vertikalen Höhe zwischen einer Oberseite (17) und einer Unterseite (19) der äußeren Oxidschicht (9) angeordnet ist.

2. Mikromechanischer Sensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die äußere Oxidschicht (9) sich in dem Aufhängungsbereich (10) zu den Befestigungspunkten (12) hin unter einem spitzen Winkel, z.B. keilförmig oder dreieckförmig, verjüngt.
20

3. Mikromechanischer Sensor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kaverne (14) sich bis unter die äußere Oxidschicht (9) außerhalb des Aufhängungsbereichs (10) erstreckt.
25

4. Mikromechanischer Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (15) eine innere Oxidschicht (2) und eine auf der inneren Oxidschicht (2) ausgebildete Nitridschicht (3) aufweist.
30

5. Mikromechanischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (15) aus einer inneren O-
- xidschicht (2) gebildet ist
- 10 5. Mikromechanischer Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (15) rechteckig oder rund ist.
- 10 7. Mikromechanischer Sensor nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (15) etwa in einer mittleren vertikalen Höhe der äußeren Oxidschicht (9) angeordnet ist.
- 15 8. Verfahren zum Herstellen eines mikromechanischen Sensors (20), mit mindestens folgenden Schritten:
 Ausbildung einer inneren Oxidschicht (2) auf einem Substrat (1);
 Ausbilden einer Nitridschicht (3) auf der inneren Oxidschicht (2);
 Strukturieren der inneren Oxidschicht (2) und der Nitridschicht (3) derartig, dass die innere Oxidschicht (2) und die Nitridschicht (3) in einem lateral mittleren Membranbereich (5) erhalten bleibt und in einem den mittleren Membranbereich (5) umgebenden äußeren Bereich (4) entfernt wird;
- 20 25 lokales Oxidieren des Substrates (1) in dem äußeren Bereich (4) unter Ausbildung einer äußeren Oxidschicht (9), die eine größere Dicke als die Gesamtdicke der aus der inneren Oxidschicht (2) und der Nitridschicht (3) gebildeten Membranschicht aufweist;
 Ausbilden von Perforationslöchern (16) in der Membranschicht (2; 2,3) in dem Membranbereich (5);
 Zuführen eines das Substrat (1) selektiv ätzenden Ätzgases durch die Perforationslöcher (16) und Ausbilden einer Kaverne (14) in dem Substrat (1) und einer Membran (15) oberhalb der Kaverne (14);
- 30 25 wobei die Membran (15) in ihrer vertikalen Höhe zwischen einer Oberseite (17) und einer Unterseite (19) der äußeren Oxidschicht (9) ange-

ordnet und in einem sich zu der Membran (15) hin verjüngenden Aufhängungsbereich (10) der äußereren Oxidschicht (9) aufgehängt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem
5 Ausbilden der Perforationslöcher (16) die Nitridschicht (3) aus der
Membranschicht (2,3) entfernt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nitridschicht (3) aus der Membranschicht (2,3) durch ein nasschemisches
10 Verfahren entfernt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Ätzens der Kaverne (14) eine Zugspannung auf die äußere Oxidschicht (9) ausgeübt wird.

15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kaverne (14) bis unter die äußere Oxidschicht (9) außerhalb des Aufhängungsbereiches (10) ausgebildet wird.

20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Membran (15) eine Thermopile-Struktur (18) mit mindestens zwei in einem Kontaktbereich (23) kontaktierten Leiterbahnbereichen (21, 22) und eine Absorberschicht (25) zur Absorption von Infrarot-Strahlung aufgetragen werden.

25 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Perforationslöcher (16) nachfolgend verschlossen werden.

30 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine rechteckige oder runde Membran (15) ausgebildet wird.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft einen mikromechanischen Sensor und eine Verfahren
5 zu seiner Herstellung. Erfindungsgemäß wird eine sichere Membraneinspannung unabhängig von prozesstechnisch bedingten Schwankungen des Kavernenätzprozesses und eine freie Gestaltung der Membranform ermöglicht, indem eine geeignete Anbindung der Membran in einer durch lokale Oxidation erzeugten Oxidschicht ausgebildet wird.

10

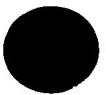
- 
- Der mikromechanische Sensor weist mindestens auf:
 - ein Substrat (1),
 - eine in einem lateral äußeren Bereich (4) in dem Substrat (1) ausgebildete äußere Oxidschicht (9),
 - 15 eine in einem lateral inneren Membranbereich (5) ausgebildete Membran (15) mit mehreren Perforationslöchern (16),
 - eine in das Substrat (1) unterhalb der Membran (15) geätzte Kaverne (14), wobei die Membran (15) in einem Aufhängungsbereich (10) der äußeren Oxidschicht (9) aufgehängt ist, der sich zu Anbindungspunkten (12) der Membran (15) hin verjüngt, und
 - 20 die Membran (15) in ihrer vertikalen Höhe zwischen einer Oberseite (17) und einer Unterseite (19) der äußeren Oxidschicht (9) angeordnet ist.
- 

Fig. 4

25

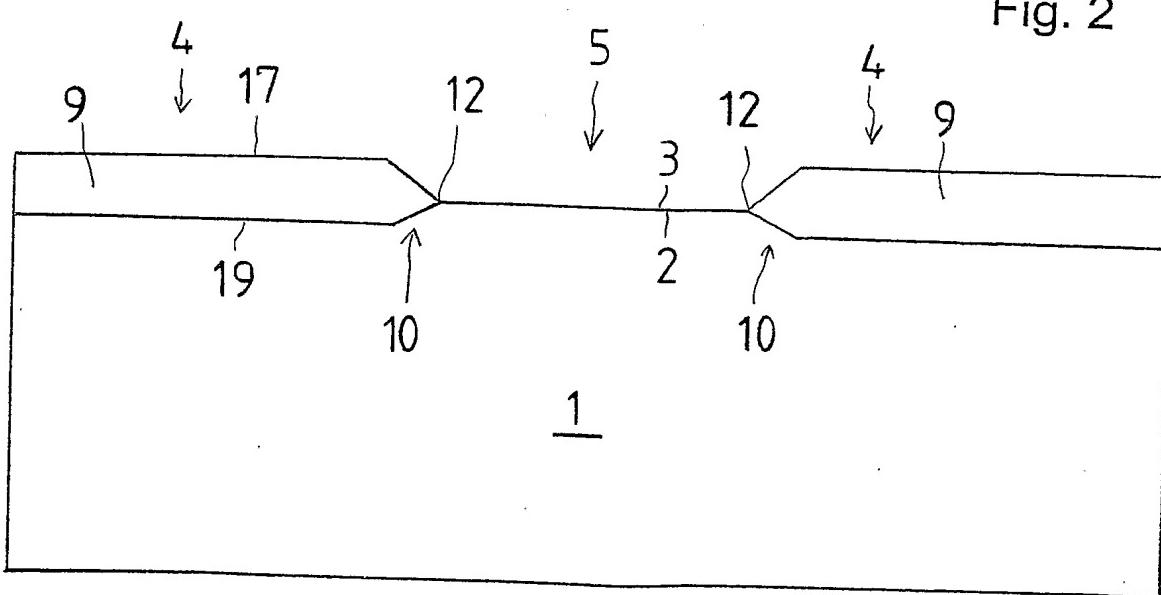
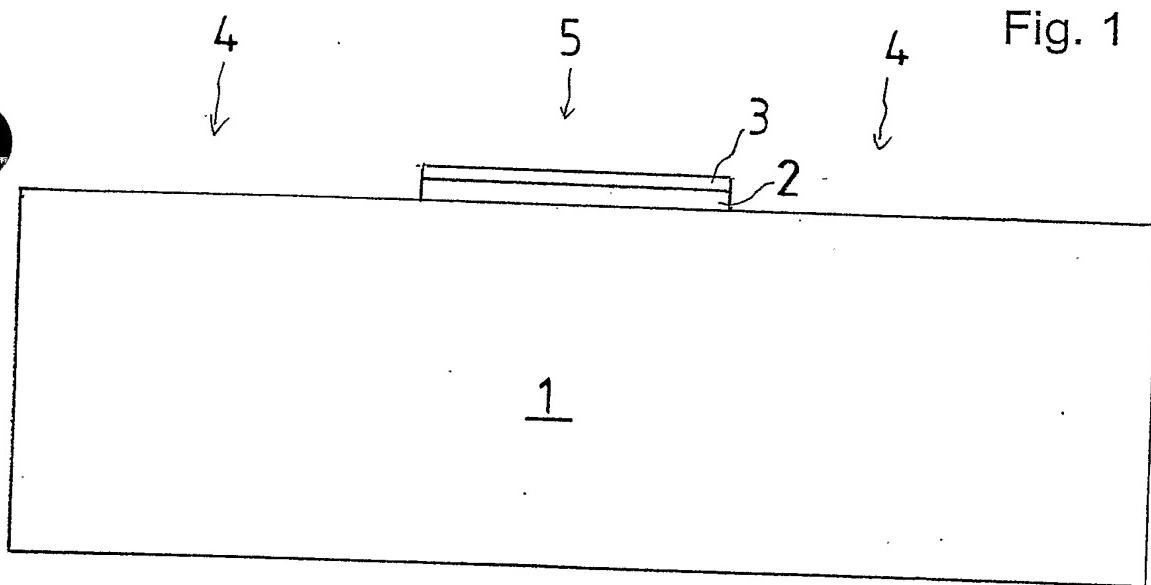
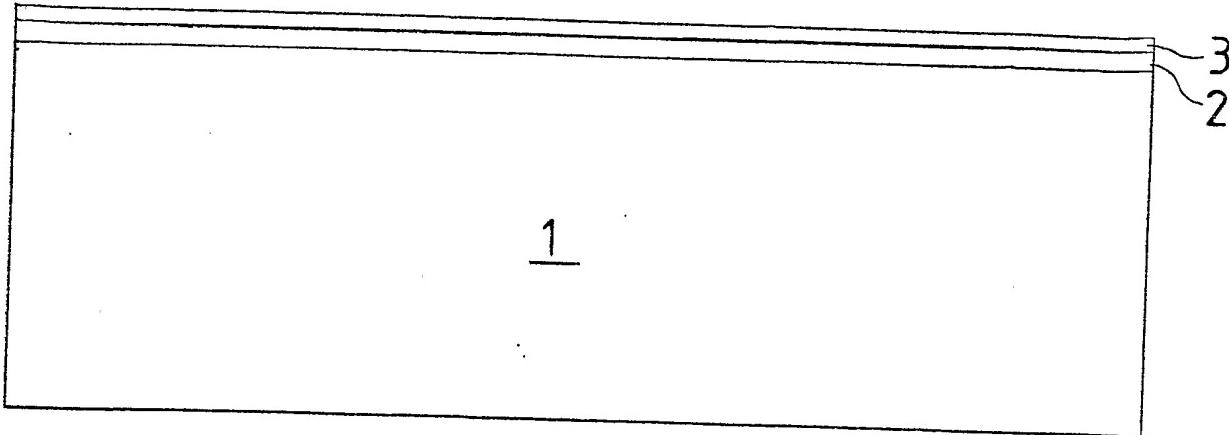


Fig. 3

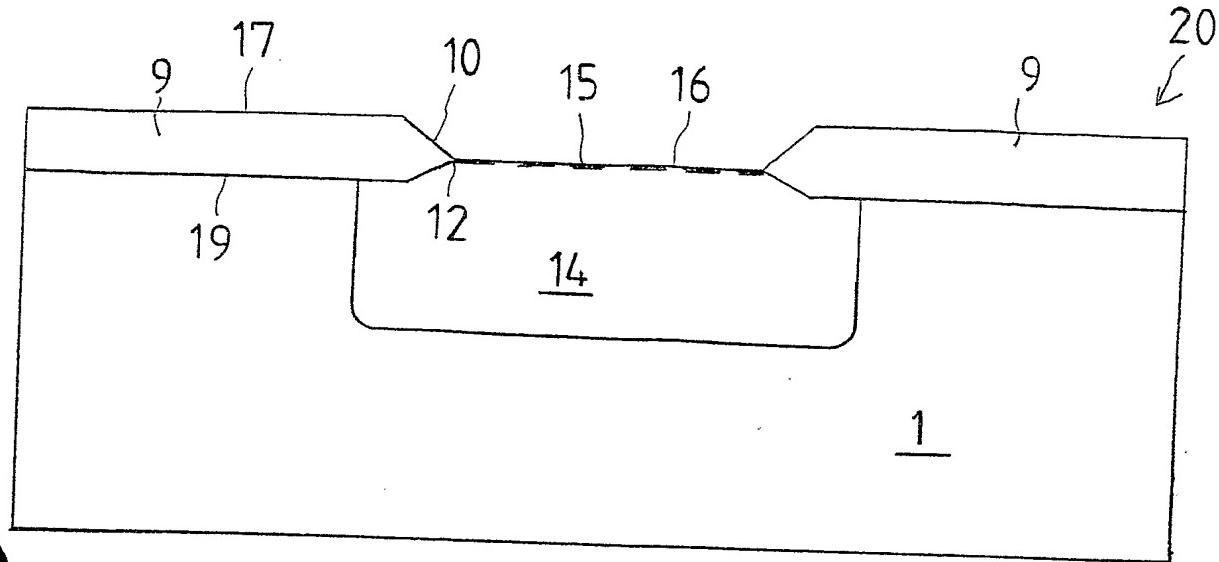


Fig. 4

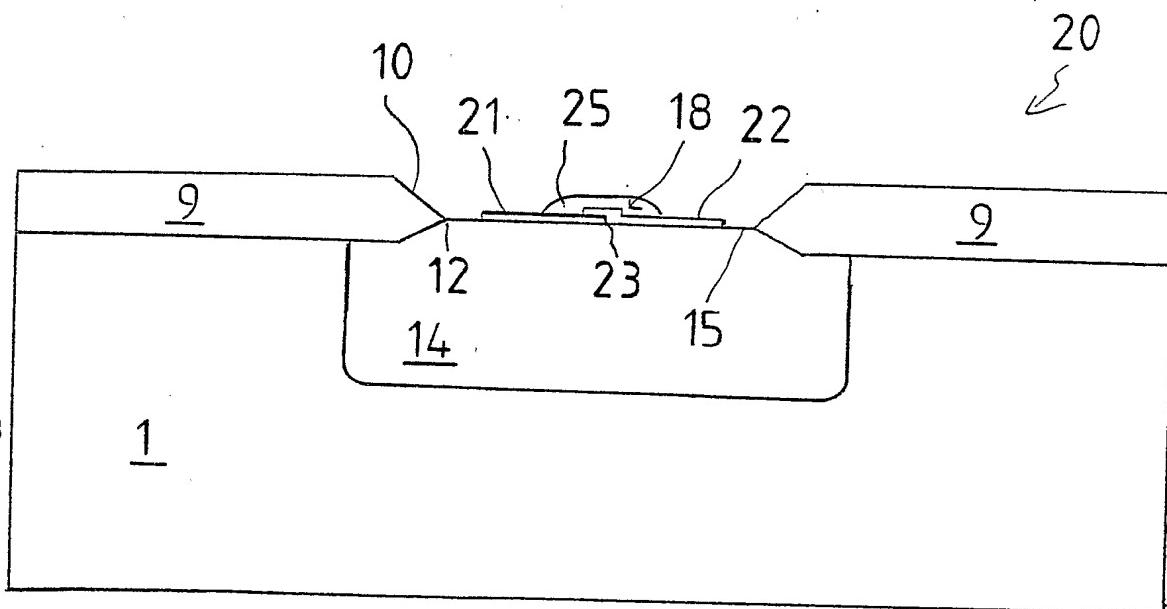


Fig. 5